

Рис. 3. Зависимости частоты жидкой пробки от расходной скорости газ и жидкости

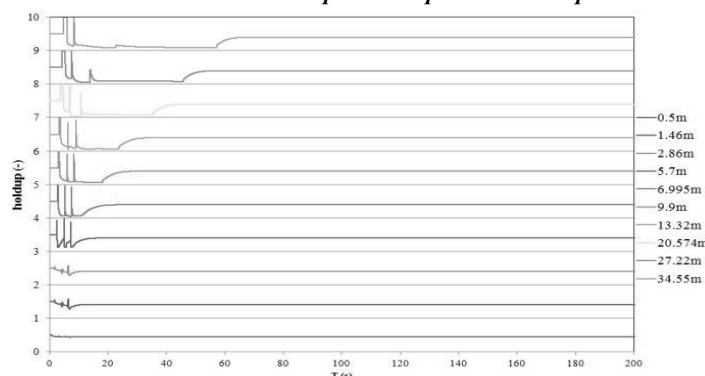


Рис. 4. TRIOMPH прогноз истинного объемного содержания жидкости на разных расстояниях от входа

#### Литература

1. Ansari M.R., Shokri V. Numerical modeling of slug flow initiation in a horizontal channels using a two-fluid model // International Journal of Heat and Fluid Flow. – 2011 – № 32. – С. 145–155.
2. Min Lu. Experimental and computational study of two-phaseslug flow. – 2015–346 с.
3. Edurne Carpintero Rogero. Experimental Investigation of developing Plug and Slug Flows. – 2008. – 138 с.
4. Carneiro J. N. E. Statistical Characterization of TwoPhase Slug Flow in a Horizontal Pipe // Special Issue. – 2011 – № 33. – С. 251–258.
5. Zhao Y., Lao L., Yeung H Investigation and prediction of slug flow characteristics in highly viscous liquid and gas flows in horizontal pipes // Chemical Engineering Research and Design. – 2015 – № 102. – С. 124–137.

#### ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОЕКТИРУЕМОГО ПРОМЫСЛОВОГО ТРУБОПРОВОДА

М. А. Филимоненко

Научный руководитель, доцент А. Г. Зарубин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Промысловые трубопроводы являются одним из важнейших средств осуществления совокупности технологических и технических операций по добыче нефти и газа из недр, обеспечению безопасности населения, охране объектов окружающей среды.

Большинство крупных месторождений нефти и газа России, расположены на территориях с уникальными экосистемами. Возможные негативные воздействия со стороны объектов транспортировки нефти и газа могут привести к необратимым последствиям для всех видов живых организмов, живущих на данных территориях.

Цель работы – провести гидравлический расчет трубопровода, определить диаметр, перепад давления и температуры по длине трубопровода.

По промышленным трубопроводам транспортируются среды с большим количеством воды, сероводорода, углекислого газа, механическими примесями, что существенно уменьшает срок их безаварийной эксплуатации. Поэтому задача обеспечения надежной и безопасной эксплуатации промышленных трубопроводов является особо актуальной в наше время, когда необходимо минимизировать затраты на добычу углеводородов с учетом низких цен на них. Среднестатистический срок службы низконапорных и высоконапорных водоводов равен 7 лет, нефтегазосборных сетей – 10 лет [1].

Для определения оптимальных параметров трубопровода «Нефтегазосборные сети куст А – узел В» (диаметр, начальное давление, конечная температура) при определенных исходных данных необходимо провести

гидравлический расчет с помощью программного комплекса Schlumberger PIPESIM. По «Нефтегазосборным сетям куст А – узел В» осуществляется транспорт скважинной продукции от куста А до узла В.

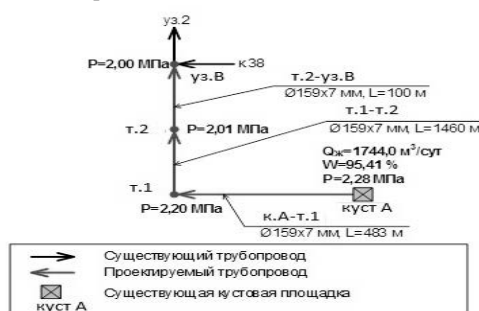
Исходные данные, необходимые для проведения гидравлического расчета, представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Исходные данные**

Параметр	Значение
Расход жидкости, м <sup>3</sup> /сут	1744,0
Расход газа, м <sup>3</sup> /сут	2001,24
Диаметр, толщина стенки, мм	159х7
Шероховатость, мм	0,1
Протяженность трубопровода, м	2128
Давление начальное, МПа	2,28
Плотность нефти при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	875,1
Вязкость нефти динамическая, сПз:	
- при 20 °С	30,8
- при 50 °С	9,0
Плотность газа, кг/м <sup>3</sup>	0,906
Плотность воды, кг/м <sup>3</sup>	1011
Обводненность, %	95,41
Газовый фактор, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	25,00

Для строительства нефтегазосборных трубопроводов приняты трубы из стали 09Г2С бесшовные, повышенной коррозионной стойкости и хладостойкости с пределом текучести равным 345 Н/мм<sup>2</sup> и временным сопротивлением – 490 Н/мм<sup>2</sup>. Для проведения гидравлического расчета была создана расчетная схема, представленная на рис.1. «Нефтегазосборные сети к. А – уз. В» состоят из трех участков: к. А - т.1, т.1 - т.2, т.2 - уз. В. На конце каждого из участков расположены узлы запорной арматуры, позволяющие управлять режимами работы всей сети промысловых трубопроводов месторождения.

**Рис. 1. Расчетная схема проектируемого нефтепровода**

Гидравлический расчет трубопровода «Нефтегазосборные сети к. А – уз. В» проведен в программном комплексе Schlumberger PIPESIM, который позволяет рассчитывать статическую модель многофазного течения флюида от пласта до конечной точки сбора или переработки продукции [2].

Результаты гидравлического расчета представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Результаты гидравлического расчета**

Имя	Тип	Температура, °С	Давление, МПа	Падение давления, МПа
к. А- т.1	Начало	55,00	2,28	0,08
	Конец	52,09	2,20	
т.1 -т.2	Начало	52,09	2,20	0,19
	Конец	46,58	2,01	
т.2 - уз. В	Начало	46,59	2,01	0,01
	Конец	46,27	2,00	

По полученным данным гидравлического расчета трубопровода «Нефтегазосборные сети куст А – узел В» построен график падения давления по длине трубопровода (рис. 2).

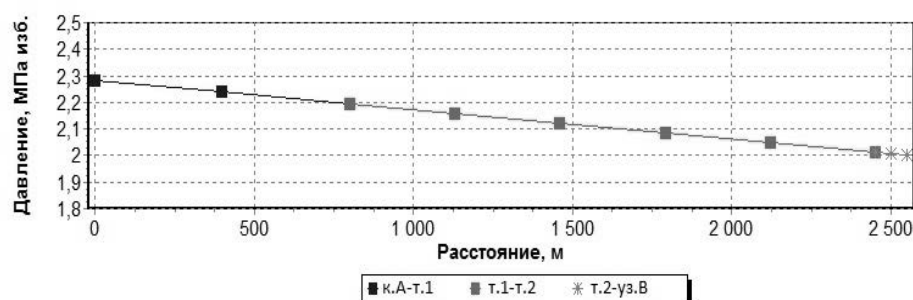


Рис. 2. График падения давления по длине трубопровода

По результатам, проведенного гидравлического расчета «Нефтегазосборных сетей куст А – узел В», был подтвержден выбранный диаметр трубопровода 159 мм и с толщиной стенки 7 мм, установлен перепад давлений по длине трубопровода равный 0,28 МПа, а также перепад температуры по длине трубопровода – 8,73 °С. Полученные данные гидравлического расчета трубопровода позволяют сделать вывод, что производительность проектируемого трубопровода «Нефтегазосборные сети куст А – узел В» достаточна для заданных исходных данных.

#### Литература

1. РД 39-132-94 Правила по эксплуатации, ревизии, ремонту и отбраковке нефтепромысловых трубопроводов.
2. Schlumberger PIPESIM [Электронный ресурс]. URL: [www.slb.ru/sis/pipesim](http://www.slb.ru/sis/pipesim). Дата обращения 28.02.16.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВНУТРИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОТОЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПЛОТНОСТИ В. В. Филюшин

Научный руководитель, старший преподаватель В. А. Рудаченко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Работа посвящена исследованию зависимости изменения давления, создаваемого жидкой средой, протекаемой внутри трубчатого резонатора цилиндрического сечения, от параметров его собственных колебаний. Данные чувствительные элементы (резонаторы) используются в средствах измерения, таких как преобразователи плотности, точность измерения которых зависит от различных параметров. Определение зависимости позволяет максимально уменьшить значение погрешности измерения. В статье представлены данные, выявленные экспериментальным путем, которые подтверждают наличие влияния изменения давления внутри резонатора на значения частоты собственных колебаний чувствительного элемента.

Резонатор вибрационного поточного преобразователя плотности является основным элементом его колебательной системы. Он представляет собой трубку круглого сечения, изготовленную из упругого прецизионного сплава 36НХТЮ, внутри которой протекает исследуемая среда с определенной скоростью  $v$  при избыточном давлении  $P$ . Наличие давления внутри резонатора приводит к появлению различного рода осевых, растягивающих усилий и напряжений  $N$ . Напряжения, воздействуя на саму трубку, влияют и на измерение показателей исследуемой жидкости<sup>[3, 4]</sup>.

С учетом влияния всех параметров на измерение, значение резонансной частоты колебаний механического трубчатого резонатора, можно определить при помощи соотношения<sup>[1]</sup>:

$$f = \frac{f_0}{\sqrt{1 + a_0 \rho}} \times \sqrt{1 - 2,458 \cdot 10^{-2} \frac{l^2}{EI} (mv^2 - N)},$$

где:  $a_0 = \frac{s}{\rho_0 s_0}$  – постоянная резонатора;

$$f_0 = \frac{3,561}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{m_0}} \text{ – начальная частота.}$$

$s_0$  и  $s$  – площади поперечного сечения резонатора и жидкости;  
 $\rho_0$  и  $\rho$  – плотности материала резонатора и жидкости.

Из формулы видно, что значение резонансной частоты колебаний резонатора зависит от большого количества параметров. Свои корректировки вносят температура, давление, конструктивные параметры исполнения резонатора.

Влияние на саму жидкость давления крайне мало, т.к. жидкость почти не сжимаема. Однако действие давления контролируемой среды может повлечь за собой изменение геометрических параметров резонатора. Насколько сильным будет это влияние, зависит от свойства материала, из которого изготовлен чувствительный